

PENGARUH JUMLAH SUDU RODA JALAN TERHADAP EFISIENSI TURBIN ALIRAN SILANG (*CROSS FLOW*)

Agus Sugiri

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung, Bandar Lampung

Email : agussugiri@yahoo.co.id

Abstrak

Perancangan dan pembuatan roda jalan (*runner*) turbin aliran silang mempunyai pengaruh yang besar terhadap efisiensinya. Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam perancangan dan konstruksi roda jalan (*runner*) turbin aliran silang diantaranya adalah jumlah sudu, ketebalan sudu, kelengkungan sudu dan bentuk profil sudu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap efisiensi turbin aliran silang. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan jumlah sudu turbin yang cocok agar kerja turbin menjadi optimal. Penelitian dilakukan dengan studi eksperimental menggunakan roda jalan berdiameter 80 mm, panjang 130 mm, variasi jumlah sudu 18, 20, dan 22 buah dengan ketebalan sudu 2 mm. Pengujian dilakukan pada sistem Pembangkit Tenaga Mikrohidro Model Drum (PTMMD). Ketinggian muka air/*head* yang digunakan pada pengujian adalah 2,5 m. Putaran roda jalan diukur menggunakan *tachometer*, daya keluaran diukur menggunakan *powermeter* dan torsi turbin diukur dengan *torsimeter*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi terjadi pada pengujian dengan tinggi muka air/*head* turbin 2,5 m, ketebalan sudu 2 mm dan jumlah sudu 20 buah sebesar 76 %. Daya yang dibangkitkan generator terbesar pada ketinggian turbin 2,5 m, jumlah sudu 20 buah sebesar 191 watt.

Kata kunci : Sudu roda jalan, Putaran, Daya keluaran, Efisiensi.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 3 Tahun 2005 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1989 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Tenaga Listrik, bahwa penyediaan tenaga listrik dilakukan dengan memanfaatkan seoptimal mungkin sumber energi primer setempat dengan kewajiban mengutamakan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Dalam rangka diversifikasi energi dan pemanfaatan energi terbarukan tersebut, pasokan tenaga listrik pada tahun 2020 menggunakan minimal 5 % berasal dari energi terbarukan.

Indonesia memiliki potensi sumber daya energi yang ramah lingkungan dan terbarukan cukup besar. Salah satu jenis energi terbarukan tersebut adalah tenaga air skala kecil atau sering disebut mikrohidro atau pikohidro. Teknologi mikrohidro ini telah lama

dikembangkan oleh masyarakat sebagai sumber energi di Indonesia. Persyaratan pokok pada sebuah PLTMH adalah cukup tersedianya kapasitas aliran air (*Debit*) dan tinggi jatuh air (*Head*). Air dikondisikan dengan teknik tertentu kemudian dialirkan ke dalam turbin sebagai penggerak mula. Bagian turbin yang disebut sudu-sudu (*Blade*) akan menerima aliran atau tumbukan air sehingga akan memutar poros roda jalan (*Runner*) turbin. Putaran poros *runner* turbin inilah yang akan ditransmisikan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik.

1.2. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan turbin terutama pada proses perancangan turbin aliran silang. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan jumlah sudu roda jalan yang cocok agar kerja turbin menjadi optimal.

1.3. Tujuan Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini dibatasi pada jumlah sudu roda jalan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap unjuk kerja turbin aliran silang. Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu roda jalan terhadap efisiensi turbin aliran silang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sejak diciptakan pertama kali tahun 1903 oleh seorang insinyur Australia bernama Mitchell, turbin aliran silang telah banyak diteliti. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan unjuk kerja turbin aliran silang (*turbin cross flow*) yang lebih baik. Mitchell tidak membukukan hasil ciptaan turbin aliran silang secara lengkap. Kemudian Banki dari Hongaria mempublikasikan hasil percobaannya di Eropa mengenai turbin aliran silang di Jerman. Banki berhasil memperbaiki efisiensi turbin aliran silang yang ditemukan Mitchell dengan cara pemakaian sudut serang yang lebih kecil dari sudut serang yang digunakan oleh Mitchell.

Pada tahun 1949 di Amerika, Mockmore dan Merryfield memperkenalkan turbin aliran silang, setelah melakukan studi mengenai turbin Banki dengan mengadakan eksperimen. Mereka menggunakan model yang memiliki ukuran roda jalan berdiameter 13,1 inchi, lebar 12 inchi, dan perbandingan antara diameter luar dan diameter dalam 0,66. Jumlah sudu yang dipilih adalah 20 buah. Efisiensi turbin yang mereka dapatkan sebesar 68% pada putaran poros turbin 270 rpm.

Haimel pada tahun 1960 mengadakan pengujian turbin aliran silang dengan dilengkapi dengan pipa hisap (*draft tube*). Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa turbin aliran silang adalah bukan jenis turbin impuls murni. Sedangkan Nakase seorang ilmuwan Jepang pada tahun 1982 melakukan studi tentang pengaruh bentuk kurva dan besarnya daerah semburan (*entry arc*) terhadap efisiensi turbin aliran silang. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah runner dengan diameter 315 mm, lebar 315 mm, perbandingan diameter dalam dan diameter luar roda jalan sebesar 0,68 dan

jumlah sudu sebanyak 26 buah. Tiga macam bentuk kurva dinding bagian dalam atap pipa pancar masing-masing diuji dengan empat macam busur lengkung semburan (*entry arc*) yang berbeda, yaitu : 30, 60, 90, 120 derajat. Dari hasil eksperimen tersebut mereka menemukan bahwa efisiensi tertinggi sebesar 83% dicapai oleh pipa pancar dengan busur lengkung sembur 90 derajat.

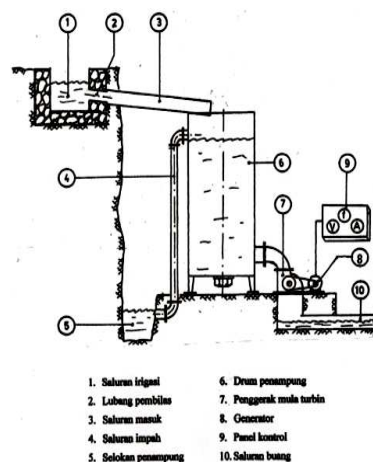
Soenoko pada tahun 1992 menyarankan tentang desain turbin aliran silang bahwa untuk meningkatkan unjuk kerja adalah dengan merubah konstruksi pipa pancar, posisi kedudukan pipa pancar dan jumlah sudu yang ditumbuk oleh jet. Selanjutnya pada penelitian berikutnya Soenoko (1997) mengadakan optimasi pada rancangan dengan mengatur arah pipa pancar dan diteruskan dengan eksperimen pada model diperoleh unjuk kerja yang lebih baik.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Materi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan eksperimen yang meliputi tahap perencanaan, membuat alat, sampai dengan menguji alat sehingga menghasilkan efisiensi turbin *cross flow* yang tertinggi. Pengujian turbin *cross flow* dengan variasi jumlah sudu dari 18 buah, 20 buah, dan 22 buah dengan ketebalan sudu 2 mm, diameter *runner* 80 mm dan panjang 130 mm.

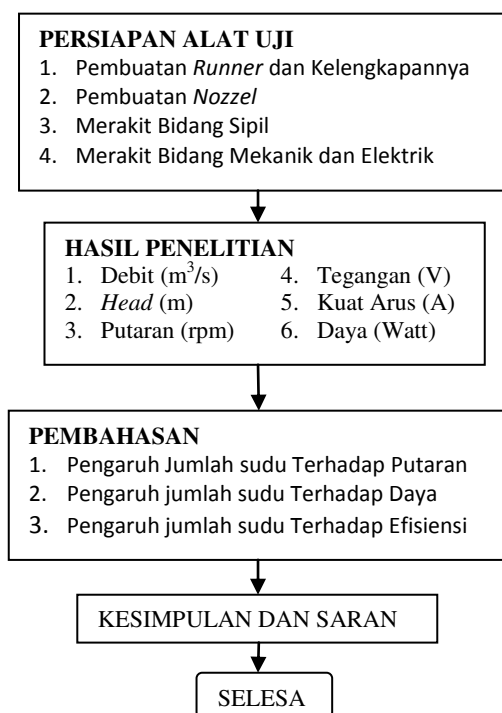
3.2. Alat Penelitian



Gambar 1 Skema Alat Uji Penelitian

3.3. Batasan Penelitian

Pengujian efisiensi turbin *cross flow* dengan variasi jumlah sudu dari 18 buah, 20 buah dan 22 buah dengan ketebalan sudu 2 mm, ketinggian (*head*) 2,5 m sehingga akan didapatkan daya yang dibangkitkan (*P*) dan efisiensi turbin *cross flow*. Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai jalannya proses penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian seperti gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

3.4. Lokasi Penelitian

Lokasi dan pengujian turbin dilakukan di sistem PLTMH saluran irigasi Kalibawang Dusun Kedungrong Desa Purwoharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Dasar-dasar Pengujian

Pengujian efisiensi turbin *cross flow* dengan variasi jumlah sudu 18 buah, 20 buah dan 22 buah pada sistem PLTMH dan

ketinggian (*Head*) 2,5 m dengan spesifikasi ukuran, jenis bahan yang tepat untuk setiap komponen penggerak mula turbin. Acuan awal yang menjadi dasar perencanaan adalah debit turbin, *head* turbin dan efisiensi turbin dengan potensi sebagai berikut:

Q_t = Debit turbin = 20 lt/s = 0,02 m³/s (asumsi perencanaan)

H_t = *Head* turbin = 2,5 m

η_t = Efisiensi turbin = 75% (asumsi perencanaan)

4.2. Daya Yang Dibangkitkan Turbin (N_t)

Daya yang dibangkitkan turbin dapat diketahui dengan rumus:

$$N_t = \rho \cdot g \cdot Q_t \cdot H_t \cdot \eta_t \dots (4.1)$$

$$N_t = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/det}^2 \cdot 0,02 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 0,75$$

$$N_t = 368 \text{ Nm/det}$$

$$N_t = 368 \text{ joule/det}$$

$$N_t = 368 \text{ Watt}$$

$$N_t = 0,368 \text{ kW}$$

4.3. Uji Efisiensi Sistem Pembangkit

Dalam pengujian efisiensi ini, penggerak mula Turbin *Cross Flow* digunakan untuk menggerakkan motor induksi sebagai generator dengan debit maksimum air masuk turbin 10,4 lt/det. Pengukuran menggunakan *powermeter*, karakteristik listrik yang dihasilkan generator seperti pada tabel berikut.

Tabel 1 Karakteristik Listrik yang Dibangkitkan Generator

No	Karakteristik listrik	Nilai
1.	Daya	120 Watt
2.	Tegangan	199 Volt
3.	Arus	0,6 A
4.	Cos ϕ	1
5.	Frekwensi	50 Hz
6.	Putaran generator	1740 rpm
7.	Putaran turbin	1049 rpm
8.	Debit maksimum air masuk turbin	10,4 lt/det

Selanjutnya efisiensi sistem pembangkit

dengan penggerak mula Turbin *Cross Flow* (η_{sp}) dapat diketahui dengan rumus,

$$\eta_{sp} = (N_g / N_p) \cdot 100\% \dots (3)$$

Dimana,

N_g = daya yang dibangkitkan generator
= 120 Watt

N_p = daya potensi air yang dapat dibangkitkan dengan kondisi debit riil maksimum 10,4 lt/det

$$N_p = \rho_{air} \cdot g \cdot Q_t \cdot H_t \dots (4.4)$$

ρ_{air} = rapat massa air = 1.000 kgm/m³

Q_t = debit riil turbin = 10,4 lt/det

H_t = head turbin = 2,5 m

Maka, $N_p = 1.000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/det}^2 \cdot 0,0104 \text{ m}^3/\text{det} \cdot 2,5 \text{ m}$

$$N_p = 255 \text{ Watt}$$

Maka efisiensi riil sistem pembangkit dengan penggerak mula Turbin *Cross Flow* adalah:

$$\eta_{sp} = (120 \text{ Watt} / 255 \text{ Watt}) \cdot 100\%$$

$$\eta_{sp} = 47 \%$$

4.4. Uji Efisiensi Penggerak Mula Turbin *Cross Flow*

Pengujian efisiensi penggerak mula Turbin *Cross Flow* dilakukan dengan mekanisme pengereman guna mengetahui torsi yang dibangkitkan runner turbin. Komponen penting dalam proses pengereman adalah belt atau tali rem yang dipasang melingkari puli yaitu setengah lingkaran puli atau sudut kontak $\theta = 180^\circ$. Kedua ujung *belt* dihubungkan dengan timbangan pegas, salah satu pengait timbangan pegas tersebut dipasang tetap sementara pengait timbangan satu lagi akan mendapat perlakuan tarik. Pada proses pengereman akan timbul gaya tarik F_{ta} dan gaya tekan F_{te} . Selisih antara F_{ta} dan F_{te} itulah gaya pengereman atau gaya gesek (F_g). Nilai F_{ta} dan F_{te} yang dijadikan acuan dalam pengukuran ialah pada posisi sesaat runner turbin berhenti berputar. Selanjutnya torsi yang terjadi dapat dicari dengan rumus,

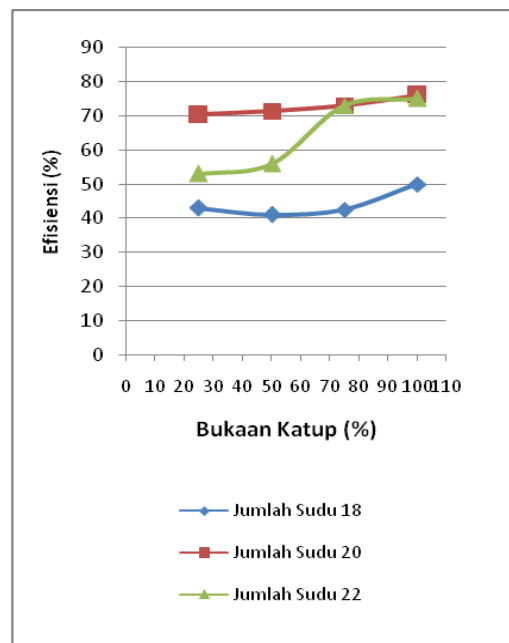
$$T = F_g \cdot r \dots (4.5)$$

Dimana, r = jari-jari puli turbin

$$r = 127 \text{ mm}/2 = 0,0635 \text{ m}$$

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Efisiensi Turbin *Cross Flow* untuk Empat Posisi Buka Katup dengan Jumlah Sudu 18, 20, dan 22 buah dan Head Turbin 2,5 m

Jumlah Sudu Runner	Bukaan Katup (%)	Daya air (Watt)	Daya real (Watt)	η Turbin (%)
18	25	90,6	39	43
	50	180,3	74	41
	75	277,5	118	42,5
	100	358	180	50
20	25	54	38	70,3
	50	120	85,7	71,4
	75	187,5	136,9	73
	100	251,7	191,3	76
22	25	63,7	34	53
	50	122,3	68	56
	75	165,8	121	72,9
	100	223,3	168	75



Gambar 3. Grafik Karakteristik Efisiensi Turbin Terhadap Katub Buka Dari Jumlah Sudu 18, 20 dan 22 buah pada Tinggi Turbin 2,5 m

Dari gambar 3 dapat diketahui bahwa efisiensi turbin terbesar (76 %) terjadi pada jumlah sudu 20 buah pada pengujian dengan head 2,5 meter dan bukaan katup penuh. Efisiensi turbin adalah perbandingan daya real (N) dengan daya potensi air (N_p).

Dimana :

$$N = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T$$

$$N_p = \rho_{\text{air}} \cdot g \cdot Q \cdot H_t$$

Daya real turbin dipengaruhi oleh putaran *runner* dan torsi turbin. Semakin besar putaran dan torsi turbin maka daya real juga membesar. Sedang daya potensi air sangat dipengaruhi oleh debit dan ketinggian (*head*) turbin. Semakin besar debit dan ketinggian turbin maka daya potensi air juga meningkat.

V. SIMPULAN

Hasil pengujian efisiensi *runner* turbin *cross flow* dengan variasi jumlah sudu *runner* 18, 20, dan 22 buah menunjukkan bahwa *runner* dengan jumlah sudu 20 buah memiliki efisiensi yang paling tinggi sebesar 76 % pada putaran 1049 rpm dan debit riil 10,4 lt dan tinggi muka air (*Head*) 2,5 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arter A, Meier U., 1990, *Hydraulics Engineering Manual*, H. Harrer, St. Gallen, Switzerland
- [2] Bachrudin, R.A., 2002, *Kebijakan Pemberdayaan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) di Kawasan Timur Indonesia*, Makalah disampaikan pada Workshop Pengembangan Mikrohidro di Indonesia, Jakarta, 27-28 Agustus 2002.
- [3] Bachtiar, A. N., 1988, *Perencanaan Turbin Air Penggerak Generator Listrik Pedesaan*, Tugas Akhir, Padang
- [4] Berahim H, 1994, *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*, Andy Offset, Yogyakarta.
- [5] Dietzel F., 1996, *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6] IBEKA, 2002, *Panduan Pemasangan, Pengoperasian dan Perawatan Turbin Cross Flow*, Yayasan Institut Bisnis dan Ekonomi Kerakyatan, Bandung.
- [7] Ismono H.A., 1999, *Perencanaan Turbin Air Tipe Cross Flow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro* di Institut Teknologi Nasional Malang, Skripsi.
- [8] Inversin AR., 1986, *Micro-Hydropower Sourcesbook*, National Rural Electric Cooperative Association, Washington, D.C., USA
- [9] Mockmore C.A., Merryfield Fred, 1949, *The Banki Water Turbine*, Bulletin Series No. 25, Engineering Experimental Station, Oregon State System of Higher Education, Oregon State College, Corvallis.
- [10] Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, 2001, *Petunjuk Penulisan Usulan Penelitian dan Tesis*, Yogyakarta.
- [11] Patty O.F., 1995, *Tenaga Air*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [12] Soekarno H., Anggono T., Heriansyah A., 2002, *Komponen Dasar dalam Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Mikrohidro*, Publikasi P3TEK, Vol. 1, No. 1, Hal. 8, Jakarta.
- [13] Soenoko, R., 1992, *Desain Turbin Arus Lintang di Indonesia*, Fakultas Teknik Unibraw, Jurnal Vol. 1 No. 2 Desember 1992.
- [14] Soenoko, R., 1997, *Optimasi Perancangan Turbin Arus Lintang*, Fakultas Teknik Unibraw, Jurnal Vol. IV No. 8 Agustus 1997